

## 宿主および非宿主作物の連作がハクサイ軟腐病の発生と 土壌中の微生物フローラの変動に及ぼす影響\*

富 樫 二 郎

(山形大学農学部植物病理学研究室)

(昭和63年9月1日受理)

### Effect of Continuous Cropping of Host and Non-host Plants on the Occurrence of the Soft Rot of Chinese Cabbage and the Fluctuation of Microflora in the Field Soils

Jiro TOGASHI

Laboratory of Phytopathology, Faculty of Agriculture,  
Yamagata University, Tsuruoka 997, Japan

(Received September 1, 1988)

#### Summary

The present study was carried out to elucidate the effects of continuous cropping of host and non-host plants on the occurrence of the soft rot disease of Chinese cabbage and on the fluctuation of microbial flora in the field soils.

From 1981 to 1985, both host plant, namely, Chinese cabbage (cultivar : Chirimen, Matsu-shima-kohai Shin No. 6, Sakura, Chushu, Nozaki-harumaki No. 1, Nozaki-kohai Osho and Hiratsuka No. 1), and non-host plants, namely Italian ryegrass (Tama) and red clover (Kenland), were continuously raised at our university farm. Vegetables such as Chinese cabbage and carrot have not been yet raised in the fields. Plots in which plants were not grown were used as controls. The number of soil microorganisms was counted by dilution plating method once a month. Egg albumin agar medium was used for counting the cell number of total bacteria and actinomycetes, the modified Drigalski's medium was used for dye-tolerant and soft rot bacteria and Martin's agar medium was used for fungi. The carrot slice method and phage technique were also used together for detection of the soft rot organisms in soil. From the first year of continuous cropping (1981), the soft rot organism (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*) multiplied exclusively to  $10^4 \sim 10^6$  cfu/g. of dried soil in the rhizosphere soils of all the cultivars of Chinese cabbage. The soft rot occurred from late wrapping stage though disease indexes varied according to the cultivars. In 1986 after the continuous cropping for 5 years, Chinese cabbage was raised twice a year in all the plots. The disease developed with nearly equal indexes in all the plots containing control plots and its severity did not always increase with successive cropping. The number of total bacteria, dye-tolerant bacteria and actinomycetes likewise did not always increase with continuous cropping of host and non-host plants. On the other hand, the soft rot organism multiplied exclusively in the rhizosphere soils of Chinese cabbage from late wrapping stage in all the plots. However, it did not multiply in non-rhizosphere soils in any plots. From those results, noticeable effects of continuous cropping of host and non-host plants on the occurrence of the soft rot of Chinese cabbage and on the multiplication of the soft rot organism in soils were not observed. It may be concluded that crop rotation and fallowing for about 5 ~ 6 years do not always bring about an effective control to the soft rot disease of Chinese cabbage.

\* 本研究の一部は昭和58年度および62年度日本植物病理学会で発表した。

## I 緒 言

ハクサイ軟腐病の耕種的防除法の中に非宿主作物との輪作や一定期間休閑する方法がある。すなわち、本病の防除法として、病原菌の寄生しえない陸稲、粟、玉蜀黍等の禾本科作物を少なくとも2～3年栽培すること<sup>1)</sup>、発病地の土壌は3～4年放置すること<sup>2)</sup>、発病の多い畑は連作をさけ<sup>3)</sup> イネ科、マメ科の作物を数年間栽培し、病原菌の密度を減らす<sup>3,7)</sup> ことなどが記されている。

他方、本病原菌 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* は、土壌生息型の病原菌に属すると考えられている<sup>15)</sup>。この種の病原菌は多犯性で腐生能力が強く、広く土壌に分布・生存しているため、その防除に輪作や休閑による方法は余り効果が期待できないと指摘されている<sup>17)</sup>。しかしながら、これまでハクサイの連作や非宿主作物との輪作と軟腐病の発生との関係、輪作、休閑などの軟腐病に対する防除効果等に関する具体的研究は非常に少ない。

以上のことから本実験ではハクサイの連作と軟腐病の発生との関係を知るための一実験として、宿主作物のハクサイおよび非宿主作物のイタリアンライグラス、レッドクローバーを5年間連作した後にハクサイを栽培し、軟腐病の発生状況、土壌中の軟腐病菌数および微生物フローラの変動等を比較検討したので、その結果を報告する。

## II 材料及び方法

**実験ほ場** 実験は鶴岡市高坂山形大学農学部附属農場の一部で行なった。このほ場は1973年水田を牧草地に転換したところである。したがって、これまでハクサイなどの野菜類は作付されることがないところで6m×4mの広さの区を12区設定した。軟腐病菌の宿主作物としてハクサイ、非宿主作物としてイタリアンライグラス、レッドクローバーを各々3区宛栽培した。残りの3区は、何も栽培しない裸地で対照区とした。

**供試作物の品種および栽培法** ハクサイは軟腐病に対する耐病程度<sup>9)</sup>の異なる7品種を用いた。すなわち、耐病程度「弱」の縮緬、野崎春蒔1号、「中」の松島交配新6号、松島交配サクラ、松島交配仲秋、「強」の長岡交配王将、平塚1号の7品種を用いた。これらの品種を1981年から5年間5月6日～7日(春播)と8月5日～6日(夏播)の年2回播種し、連作した。いずれも畝間75cm、株間45cmとし、1品種につき10個体、1区に5品

種50個体を栽培した。肥料は堆肥と化成肥料(クレエース2号)を用い、前報<sup>18)</sup>と同様に施用した。また、根こぶ病防除のため、PCNB粉剤(武田こぶ粉剤20)を播種部位に約3g施用し、土壌と充分混合した後にハクサイを播種した。この他、殺虫剤(武田オルトラン粒剤)を適宜散布した。同じく1981年5月6日イタリアンライグラス(タマ)およびレッドクローバー(ケンランド)を全面に撤播した。その後、肥培管理として除草、刈取りなどを行ない、前記と同様の化成肥料を適宜施用した。これらの作物の連作とハクサイ軟腐病の発生との関係を知るために、1986年5月6日および8月6日、全処理区にハクサイを播種して軟腐病の発生状況および根圏土壌における軟腐病菌の増殖等を調査し、比較した。

**軟腐病の発病調査** ハクサイの軟腐病の発病調査は、清水らの方法<sup>9)</sup>で行ない、1品種につき3区30個体の平均値で表示した。

**土壌中の軟腐病菌および微生物フローラの調査** 各区とも毎年5月から11月までの期間1ヶ月に1回の頻度で深さ5cmの部位から5ヶ所にわたって土壌を採取した。ハクサイ栽培区では株間の土壌を同様に採取した。充分に混合した後、その10gを用い希釈平板法によりアルブミン寒天培地で全細菌数と放線菌数、変法ドリガルスキー培地で色素耐性菌数(クリスタルバイオレット耐性菌数)と軟腐病菌数、マーチン寒天培地で糸状菌数を測定し、乾土1gあたりの菌数で表示した。軟腐病菌の検出には、この他にニンジン円板法<sup>15)</sup>、ファージ法<sup>13)</sup>も併用した。なお、牧草地を畑地に転換することによる微生物フローラの変動を調べるために、今回の供試畑に隣接し、畑地に転換する前の状態の牧草地の土壌についても同様に調査した。

**軟腐病罹病ハクサイから分離した軟腐病菌のファージ型の判定** 連作年限の長さにもなつて、発病に関与する軟腐病菌の系統に変動があるか否かを知るために、軟腐病に罹ったハクサイから病原菌を分離し、そのファージ型を調べた。用いた軟腐病菌ファージは、研究室保存の4系統<sup>14)</sup>でスポットテストで分離菌株のファージ感受性を検定し、そのファージ型を判定した。

## III 結 果

### 1. 連作初年度(1981年)

連作初年度(1981年)の場合、ハクサイ軟腐病は春播では6月下旬から発生した(第1表)。その後病勢は進行し、7月16日耐病程度「強」の平塚1号では32.6の発病

第1表 連作初年度(1981年)におけるハクサイ軟腐病の発病指数<sup>1)</sup>

品 種	調査日	春 播				品 種	調査日	夏 播			
		6/26	7/1	7/9	7/16			10/8	10/16	10/21	10/28
縮 緬		15.0	31.3	83.6	100	縮 緬		39.0	57.0	76.6	74.6
野崎春蒔1号		10.8	22.0	62.6	85.6	松島交配新6号		15.6	33.3	64.6	71.6
松島交配サクラ		0	2.6	61.6	84.2	長岡交配王将		6.0	33.3	54.6	67.6
松島交配新6号		0	3.0	49.0	72.3	松島交配仲秋		6.3	15.3	42.3	47.0
平塚1号		0	0	2.3	32.6	平塚1号		7.3	16.6	30.0	49.6

1) 各品種とも1区10個体とし、3区30個体の平均値で示した。

指数で軽症であったが、「弱」の縮緬では100の指数で全個体が腐敗・倒伏した。その他の品種では70~80の指数であった。他方、夏播では9月下旬から発生したが病状は全体的に軽症であった。たとえば、10月下旬でも平塚1号で49.6、縮緬で74.6この他の品種でも約50~70の指数であった。これらの病斑を変法ドリガルスキー培地を用いて希釈平板培養したところ、円形、黄色で周辺が透明の典型的な軟腐病菌の集落が形成された。なお、ハクサイ中肋組織に対する接種試験の結果、いずれも軟腐症状をひきおこし、軟腐病菌であることが確認された。

土壌の微生物フローラは、作付前の4月20日、夏播ハクサイ接種直前の8月5日、および収穫期の11月5日に調査した(第2表)。4月20日には全細菌数(放線菌を含む)、色素耐性菌数とも $10^6$ のレベルであったが、8月には後者が $10^5$ のレベルに減少した。また、11月5日にはハクサイ区で両菌とも多く、裸地の対照区では少なかった。軟腐病菌は希釈平板法、ニンジン円板法、フェージ法のいずれを用いても検出されなかった。しかしながら、ハクサイの根圏土壌ではいずれの品種でも $10^3$ ~ $10^6$ のレベルに増殖していることが示された(第3表)。このように品種によって菌数は異なるものの作付初年でも、軟腐病菌はハクサイ根圏土壌で増殖し、軟腐病をひきおこ

第2表 連作初年度(1981年)の土壌微生物フローラの推移<sup>1)</sup>

調査日	処 理	pH	全細菌数	色素耐性菌数	軟腐病菌数
4月20日	播 種 前	5.20	$3.5 \times 10^6$	$1.1 \times 10^6$	$<10^4$
8月5日	播 種 前	5.72	$3.1 \times 10^6$	$1.3 \times 10^5$	$<10^4$
11月5日	ハクサイ区	5.32	$12.6 \times 10^6$	$1.9 \times 10^6$	$<10^4$
	ライグラス区	5.39	$7.6 \times 10^6$	$0.8 \times 10^6$	$<10^4$
	クローバー区	5.53	$8.2 \times 10^6$	$1.0 \times 10^6$	$<10^4$
	対 照 区	5.91	$0.6 \times 10^6$	$0.5 \times 10^6$	$<10^4$

1) 菌数はいずれも乾土1gあたりに換算して表示した。

すことが確かめられた。

## 2. 連作2年目から5年目(1982年~1985年)までのハクサイ軟腐病の発病指数の推移

連作2年目から5年目(1982年~1985年)までのハクサイ軟腐病の発病指数を第4~第5表にまとめた。連作2年目の春播では6月下旬から軟腐病が発生し、7月になって病勢は進行した。7月14日では、縮緬で79.0、平塚1号で21.8の指数であった。この他の品種では30~40であった。夏播では9月22日から調査したが、全体として

第3表 連作初年度(1981年)のハクサイ根圏土壌における軟腐病菌の増殖<sup>1)</sup>

品 種	調査日	9月17日	9月24日	10月1日	10月8日	10月15日	10月30日
縮 緬		$<10^4$	$<10^4$	$60.1 \times 10^4$	$<10^4$	$25.2 \times 10^4$	$0.6 \times 10^4$
松島交配新6号		$<10^4$	$7.0 \times 10^4$	$6.0 \times 10^4$	$3.7 \times 10^4$	$620.1 \times 10^4$	$67.7 \times 10^4$
松島交配仲秋		$<10^4$	$<10^4$	$6.0 \times 10^4$	$11.9 \times 10^4$	$67.7 \times 10^4$	$2.4 \times 10^4$
長岡交配王将		$<10^4$	$13.3 \times 10^4$	$6.0 \times 10^4$	$53.1 \times 10^4$	$53.1 \times 10^4$	$196.0 \times 10^4$
平塚1号		$<10^4$	$<10^4$	$<10^4$	$6.3 \times 10^4$	$6.3 \times 10^4$	$224.4 \times 10^4$

1) 菌数はハクサイ3個体の平均値で乾土1gあたりの菌数に換算した。

第4表 連作2年目から5年目(1982年~1985年)までのハクサイ軟腐病の発病指数(春播)<sup>1)</sup>

品 種	調査日	1982				1983				1984				1985			
		7/1	7/8	7/14	7/21	7/5	7/12	7/19	7/26	6/27	7/5	7/12	7/19	7/2	7/9	7/16	7/23
縮 緬		1.3	62.0	79.0	93.0	20.4	34.0	100	100	15.7	51.7	82.7	99.3	9.0	25.3	55.9	93.4
松島交配新6号		0	6.5	39.3	73.5	6.1	14.4	68.5	96.6	4.3	32.3	63.7	89.3	4.2	18.6	61.2	82.6
松島交配サクラ		0	7.5	35.5	75.0	3.5	20.0	76.7	97.1	7.3	36.3	57.3	82.7	0	13.1	56.6	75.2
野崎春蒔1号		0	8.3	28.5	63.5	6.1	18.5	71.9	99.5	17.0	51.3	76.7	94.0	1.5	14.6	66.4	89.9
平塚1号		0.8	9.0	21.8	61.5	1.1	8.9	52.8	85.4	0	0	4.0	34.5	5.0	7.7	38.7	69.6

1) 各品種とも1区10個体とし、3区30個体の平均値で示した。

第5表 連作2年目から5年目(1982年~1985年)までのハクサイ軟腐病の発病指数(夏播)<sup>1)</sup>

品 種	調査日	1982						1984						1985					
		9/22	9/29	10/6	10/13	10/20	10/26	9/25	10/2	10/10	10/17	10/23	10/31	9/20	9/26	10/2	10/11	10/18	10/24
縮 緬		10.3	42.0	47.1	52.3	70.7	74.8	6.7	21.3	48.7	59.3	75.3	80.0	1.8	19.1	43.2	60.6	68.6	86.4
松島交配新6号		4.8	10.1	17.8	32.9	44.7	51.9	2.7	9.0	22.0	27.0	33.7	40.7	0	2.5	15.6	35.8	55.6	63.1
松島交配仲秋		2.1	7.7	14.4	24.5	31.8	39.3	3.7	10.0	18.7	26.3	35.7	48.7	0.2	7.1	29.3	49.6	60.3	62.9
長岡交配王将		0.4	1.0	2.9	6.6	9.1	13.4	1.7	3.3	7.0	7.7	15.0	21.7	0	1.3	7.4	37.0	61.7	56.4
平塚1号		0	2.1	4.0	6.6	17.5	23.7	0.7	2.7	5.7	4.7	10.3	19.3	0.2	2.6	13.4	36.6	58.6	52.9

1) 各品種とも1区10個体とし、3区30個体の平均値で示した。

発病程度は軽症であった。たとえば、10月20日の場合、縮緬でも70.0、王将で9.1、平塚1号でも17.5の指数であった。

連作3年目の春播では、前年に比べ全品種で軟腐病が激しく発生した。発病指数は90~100に達し、かなりの個体が腐敗し、倒伏した。なお、本年は夏播の実験は行なわなかった。

連作4年目の春播の場合にもこれまで通り6月下旬から軟腐病が発生した。平塚1号では7月12日に4.0、7月19日に34.5の指数であった。この他の品種では、7月5日に30~50、7月12日に50~80、その後は約80~90の指数で大部分の個体が腐敗し、倒伏した。これに対して、夏播では軽症であり、たとえば、10月下旬に縮緬でも80.0の指数であった。この他の品種では50以下であり、外見上健全に生育している個体が多くみられた。

連作5年目の春播でも6月下旬から軟腐病が発生し、7月になって急速に進行した。また、夏播では全体として軽症であり、10月下旬でも50~80の発病指数であった。このようにハクサイなどの連作にともなう軟腐病の発生程度に一定の傾向はみられなかった。

### 3. 連作2年目から5年目(1982年~1985年)までの 土壌微生物フローラの変動

連作2年目から5年目までの土壌微生物フローラの調査を行ない、第6表に連作4年目(1984)の結果をまとめた。各区とも全細菌数が $10^6 \sim 10^7$ のレベルで、総菌数(全細菌数+放線菌数+糸状菌数)の約90%を占めた。放線菌数は $10^6$ のレベルで総菌数の約15%の割合であった。しかし、8月から10月までの期間は $10^5$ のレベルに減少し、10%以下に低下した。糸状菌数は全期間を通して $10^4$ のレベルに終始し、総菌数に対する割合は1%以下であった。全細菌数に対する色素耐性菌数の割合も約1割程度であった。総菌数は全体としてハクサイ連作区で多い傾向がみられたが、対照区や牧草区でも多いことがあった。また、ハクサイ連作区で全細菌数に対する色素耐性菌数の割合が高い傾向がみられた。なお、これらの傾向は他の年度でも観察された。しかしながら、この期間中軟腐病菌はいずれの方法でも検出されなかった。このため、宿主および非宿主作物の連作にともなう株間土壌中での軟腐病菌の動態を把握することはできなかった。

第6表 連作4年目(1984年)の土壌の微生物フローラの推移<sup>1)</sup>

調査日	連作物 <sup>2)</sup>	pH	全細菌数 T	放線菌数 A	糸状菌数 F	総菌数 T + A + F	色素耐性菌数 D	色素耐性菌数 全細菌数 D/T
5月11日	1	6.77	1,214.9(80.6)	287.1(19.0)	4.4(0.3)	1,506.4	248.3	0.20
	2	6.25	753.1(78.8)	199.2(20.8)	3.7(0.4)	956.0	172.6	0.22
	3	5.30	902.1(82.4)	189.2(17.3)	3.9(0.3)	1,095.2	109.5	0.12
	4	7.02	732.2(83.4)	144.5(16.3)	2.1(0.2)	883.8	109.8	0.14
	5	4.85	1,946.5(88.1)	256.3(11.6)	6.2(0.3)	2,209.0	376.5	0.19
6月8日	1	6.10	1,449.1(83.5)	286.8(16.4)	2.6(0.1)	1,738.5	165.5	0.11
	2	5.80	816.2(78.1)	224.3(21.4)	3.6(0.3)	1,044.1	116.5	0.14
	3	4.97	593.2(82.2)	123.9(17.2)	3.8(0.5)	720.9	116.8	0.19
	4	7.32	886.6(77.0)	263.1(22.8)	2.2(0.1)	1,151.9	136.8	0.15
	5	5.31	672.3(86.4)	102.3(13.1)	3.5(0.4)	778.1	108.0	0.16
7月15日	1	5.72	1,966.8(86.0)	313.5(13.7)	4.2(0.2)	2,284.5	234.3	0.11
	2	5.25	1,318.2(83.3)	259.0(16.4)	5.9(0.3)	1,583.1	204.0	0.15
	3	4.82	1,502.4(85.4)	252.1(14.3)	5.4(0.3)	1,759.9	134.8	0.08
	4	6.82	823.9(84.0)	155.4(15.8)	1.7(0.2)	981.0	175.1	0.21
	5	6.24	1,218.8(84.0)	224.0(15.4)	7.9(0.5)	1,450.7	223.0	0.18
8月7日	1	6.87	2,529.8(93.1)	184.0( 6.8)	2.3(0.0)	2,716.1	401.3	0.15
	2	5.75	608.7(87.0)	86.4(12.3)	4.8(0.7)	699.9	57.1	0.09
	3	5.45	1,032.4(89.0)	117.3(10.1)	11.5(0.9)	1,161.2	95.0	0.09
	4	6.80	677.7(84.6)	121.8(15.2)	1.7(0.2)	801.2	80.0	0.11
	5	6.52	1,712.3(96.0)	67.0( 3.8)	3.2(0.1)	1,782.5	141.3	0.07
9月12日	1	6.72	2,064.5(91.0)	204.9( 9.6)	3.7(0.1)	2,273.1	262.5	0.12
	2	5.65	1,010.3(90.8)	97.5( 8.7)	6.0(0.5)	1,113.8	124.4	0.12
	3	5.77	1,123.4(93.3)	73.9( 6.1)	6.0(0.4)	1,203.3	136.0	0.12
	4	6.85	895.5(93.8)	57.7( 6.0)	1.9(0.2)	955.1	114.1	0.12
	5	6.22	3,703.8(96.7)	119.5( 3.1)	3.7(0.0)	3,827.0	543.8	0.14
10月12日	1	7.00	1,355.2(96.5)	47.3( 3.4)	2.5(0.2)	1,405.0	197.0	0.14
	2	6.15	792.2(94.0)	46.5( 5.5)	4.9(0.5)	843.6	117.7	0.14
	3	5.67	547.4(93.0)	36.5( 6.2)	4.2(0.7)	588.1	94.8	0.17
	4	7.85	734.4(93.0)	53.4( 6.8)	1.2(0.2)	789.0	120.9	0.16
	5	5.76	1,075.0(90.7)	100.0( 8.9)	4.6(0.4)	1,185.6	56.9	0.05

1) 菌数は  $\times 10^4$  の値で ( ) は各々総菌数に対する割合を示す2) 連作物1 : イクサイ, 2 : イタリアンライグラス, 3 : レッドクローバー,  
4 : 対照区(裸地), 5 : 牧草

## 4. 宿主および非宿主作物を5年間連作した後のハクサイ軟腐病の発病指数

1986年軟腐病菌の宿主作物のハクサイ, 非宿主作物のイタリアンライグラスおよびレッドクローバーを5年間連作した全区にハクサイを栽培し, 軟腐病の発病指数と

土壌の微生物フローラの変動を調べた。対照区の裸地も耕起してハクサイを栽培し, 同様の調査を行なった。春播の場合(第7表), 軟腐病はこれまでと同様に結球後期の6月下旬から発生した。発病指数は品種によって異なるもののその病勢は, ハクサイ区の方が他の区に比べ早

第7表 宿主および非宿主作物を5年間連作後(1986年)に栽培したハクサイの軟腐病の発病指数(春播)<sup>1)</sup>

連作物	ハクサイ品種	調 査 日					
		6月24日	7月1日	7月8日	7月15日	7月22日	7月29日
ハクサイ	縮 緬	0.4	2.0	21.7	74.2	95.0	100
	野崎春蒔1号	0.2	0.9	18.2	63.2	92.0	95.3
	松島交配新6号	0	0.2	6.7	55.3	83.3	89.1
	松島交配サクラ	0.2	0.4	7.4	52.1	78.2	90.6
	平塚1号	0	0	3.5	20.0	35.3	69.2
イタリアンライグラス	縮 緬	0.4	3.3	39.9	83.4	96.4	99.2
	野崎春蒔1号	2.9	3.3	14.1	52.8	84.3	97.0
	松島交配新6号	0	0.5	7.1	39.8	68.7	96.2
	松島交配サクラ	0	0.6	2.3	27.1	51.6	92.3
	平塚1号	0	0	0	5.0	29.2	66.3
レッドクローバー	縮 緬	0.4	2.3	26.1	83.4	96.6	99.3
	野崎春蒔1号	0.2	0.6	5.2	50.8	81.3	95.6
	松島交配新6号	0	0.4	3.6	33.6	67.2	89.8
	松島交配サクラ	0.3	0.5	1.8	24.3	77.6	80.1
	平塚1号	0	0	0	4.5	30.6	64.1
対照区(裸地)	縮 緬	0.2	4.2	26.6	76.7	93.6	98.7
	野崎春蒔1号	0	0.4	14.2	41.9	91.2	97.3
	松島交配新6号	0	1.4	8.1	19.5	69.9	89.6
	松島交配サクラ	0	0.4	4.4	19.7	57.3	85.8
	平塚1号	0	0	0	10.1	38.7	66.9

1) 品種あたり10個体を1区とし、3区30個体の平均値で示した。

く進行する傾向がみられた。しかし、7月22日にはいずれの区でも同じような指数となり、腐敗、倒伏する個体もかなりみられた。第8表のように夏播ハクサイでは、9月19日から調査した。10月中旬まではハクサイ区で病勢が早く進行する傾向がみられた。しかし、その後は各区とも同じような発病指数であり、非宿主作物のイタリアンライグラス区、レッドクローバー区とともに軽症になるような傾向はみられなかった。また、対照区でも同様に軟腐病が発生した。

土壌の微生物フローラの変動を5月8日から11月13日まで7回にわたり調査し、第9表にまとめた。全細菌数は5月には $10^5$ のレベルであったが、6月以降は $10^7$ のレベルに増加した。放線菌数は全体として $10^6$ 、糸状菌数は $10^4 \sim 10^5$ のレベルであった。全体を通してハクサイ区で総菌数が多い傾向があった。しかし、7月8日、11月13日のようにイタリアンライグラス区やレッドクローバー区で多くなることもあった。また、6月5日、7

月8日、10月3日のように対照区で多くなることもあり、作物の連作によって土壌中の微生物数が増加するとはかぎらない例も観察された。

軟腐病菌は11月13日にハクサイ、イタリアンライグラスおよびレッドクローバーの各連作区のうち各々1区から $1.5 \times 10^4$ 、 $1.5 \times 10^4$ および $1.0 \times 10^4$ のレベルで検出された。しかし、その他には全く検出されなかった。これに対して、ハクサイ根圏土壌の軟腐病菌を7月23日と10月31日に各々松島交配新6号および平塚1号を用いて調べたところ、対照区を含む全区で $10^4 \sim 10^6$ のレベルに増殖していることが確認された(第10表)。なお、ハクサイの個体あたりの生体重を調査した結果、連作年限の増加にともなって大きく減少することはいなかった。

##### 5. 軟腐病罹病ハクサイから分離した軟腐病菌のファージ型

連作初年度から6年間(1981年～1986年)ハクサイ連作



第8表 宿主および非宿主作物を5年間連作後(1986年)に栽培したハクサイの軟腐病の発病指数(夏播)<sup>1)</sup>

連作物	ハクサイ品種	調 査 日						
		9月19日	9月26日	10月3日	10月9日	10月17日	10月23日	10月30日
ハクサイ	縮 緬	17.5	30.5	65.5	76.0	84.0	88.5	93.5
	松島交配新6号	11.0	17.4	46.5	68.5	80.1	90.3	94.0
	松島交配仲秋	0	7.5	37.8	56.0	71.5	72.0	76.5
	長岡交配王将	0	7.8	31.4	46.0	52.5	51.5	58.0
	平塚1号	0	2.6	18.0	40.8	53.0	58.5	63.5
イタリアンライグラス	縮 緬	5.4	22.0	36.0	75.0	88.0	90.5	93.5
	松島交配新6号	0.5	7.0	16.2	59.0	75.0	83.5	92.5
	松島交配仲秋	1.0	5.5	14.5	41.5	58.5	67.0	76.5
	長岡交配王将	0	3.7	16.2	41.2	56.6	60.3	72.5
	平塚1号	0.5	3.6	8.9	26.2	58.5	68.5	74.0
レッドクローバー	縮 鰯	16.0	38.4	64.7	84.0	93.5	95.0	95.0
	松島交配新6号	5.0	5.5	16.0	58.5	77.0	87.0	89.5
	松島交配仲秋	0	5.8	24.0	54.8	70.5	76.1	83.0
	長岡交配王将	5.0	5.4	14.7	43.0	63.0	68.5	75.0
	平塚1号	2.5	4.0	9.0	34.3	60.5	70.5	70.5
対 照 区 (裸地)	縮 緬	15.0	25.5	56.5	63.3	74.0	76.5	82.0
	松島交配新6号	0.5	3.5	16.5	42.0	67.5	70.0	80.0
	松島交配仲秋	3.0	4.5	17.5	41.0	69.0	75.5	76.0
	長岡交配王将	4.0	4.5	9.9	39.0	55.5	57.5	70.5
	平塚1号	1.0	2.5	15.4	24.7	54.5	59.5	65.4

1) 品種あたり10個体を1区とし、3区30個体の平均値で示した。

区で軟腐病に罹ったハクサイ808個体から2,062菌株の軟腐病菌を分離し、そのファージ型を判定した(第11表)。その結果、供試ファージの何れとも反応しないⅥ(F)型が1,787菌株で圧倒的に多く86.6%を占めた。ついでⅤ(E)型が181菌株(8.8%)、Ⅲ(C)型が38菌株(1.9%)の順であった。しかし、Ⅱ(B)型に属する軟腐病菌は全く検出されなかった。以上の結果のように、年次により優占的に出現するファージ型が異なるようなことはみられなかった。

#### IV 考 察

ハクサイ軟腐病は、国内はもとより世界的に発生し今日でも防除困難な土壤病害の一つであり、ハクサイの連作障害の原因とされている。

一般に病原菌の宿主作物を連作した場合には発病によってその病原菌の密度はたかまり、病気が激しく発生するようになる<sup>10)</sup>。しかし、非宿主作物は発病しないた

め、病原菌の密度がたかまることはないと考えられている<sup>16)</sup>。ハクサイ軟腐病の防除法については古くからいろいろ試みられ記されているが、その中に必ず連作をさけること<sup>11)</sup>、イネ科、マメ科の非宿主作物と輪作すること<sup>3,7)</sup>などがあげられているのもこのような考え方によるものであろう。しかしながら、実際に連作や輪作による病気の発生状況や土壤中における病原菌の動態に関する研究は非常に少ないのが実情である。今回の実験は、ハクサイ軟腐病の効果的な防除法の確立を目的として、宿主作物としてハクサイ、非宿主作物としてイタリアンライグラスおよびレッドクローバーを連作し、本病の発生状況、土壤中の軟腐病菌および微生物クローラの変動等を調査した。

先づ、これまで野菜類の栽培歴のない水田を転換して造成した牧草地にハクサイを栽培したところ、その株間土壌(非根圏土壌)では軟腐病菌の増殖はみられなかった。しかし、根圏土壌では特異的に増殖し、軟腐病が激

第9表 宿主および非宿主作物を5年間連作した後に栽培したハクサイの株間土壌の微生物フローラの推移<sup>1)</sup>

調査日	連作物 <sup>2)</sup>	pH	全細菌数 T	放線菌数 A	糸状菌数 F	総菌数 T+A+F	色素耐性菌数 D	色素耐性菌数 全細菌数 D/T
5月8日	1	7.32	684.9(79.8)	167.9(19.7)	4.8(0.5)	857.6	310.4	0.45
	2	6.76	648.9(88.4)	80.5(10.9)	5.1(0.7)	734.5	441.8	0.68
	3	7.02	778.6(87.8)	101.1(11.5)	6.2(0.7)	885.9	421.2	0.54
	4	7.25	916.3(88.4)	113.0(10.9)	6.8(0.7)	1,036.1	466.4	0.50
	5	6.88	463.5(81.4)	97.5(17.1)	8.1(1.5)	569.1	163.8	0.35
6月5日	1	7.05	1,509.7(91.4)	131.0( 7.9)	12.1(0.7)	1,652.8	230.9	0.15
	2	6.75	1,345.0(90.3)	128.0( 8.6)	16.7(1.1)	1,489.7	223.9	0.16
	3	6.40	1,356.4(91.9)	102.2( 6.9)	17.8(1.2)	1,476.4	175.5	0.12
	4	6.85	1,641.8(89.6)	176.5( 9.6)	14.3(0.8)	1,832.6	222.7	0.13
	5	6.86	2,041.5(90.9)	191.8( 8.8)	11.7(0.5)	2,245.0	550.1	0.26
7月8日	1	6.78	1,275.0(90.4)	127.5( 9.0)	9.3(0.6)	1,411.8	205.9	0.16
	2	6.57	1,757.5(94.2)	98.0( 5.3)	8.8(0.4)	1,864.3	236.1	0.13
	3	6.39	1,651.0(94.6)	80.1( 4.6)	14.7(0.8)	1,745.8	194.2	0.11
	4	6.28	2,112.4(94.0)	124.1( 5.5)	10.3(0.5)	2,246.8	263.1	0.12
	5	6.71	847.3(88.3)	107.3(11.2)	5.5(0.5)	960.1	234.8	0.27
8月9日	1	7.05	6,153.2(96.0)	249.6( 3.9)	8.4(0.1)	6,411.2	1,824.3	0.29
	2	6.88	3,414.2(95.0)	174.7( 4.8)	10.6(0.2)	3,599.5	884.6	0.25
	3	7.00	3,003.3(92.6)	228.0( 7.0)	12.0(0.4)	3,243.3	635.2	0.21
	4	7.20	4,062.4(94.4)	226.3( 5.3)	10.6(0.3)	4,299.3	855.5	0.21
	5	6.12	743.5(83.9)	133.5(15.2)	8.3(0.9)	885.3	136.3	0.18
9月9日	1	6.44	2,912.1(94.5)	160.5( 5.2)	8.7(0.3)	3,081.3	510.9	0.17
	2	6.19	1,492.8(94.2)	79.5( 5.0)	11.7(0.8)	1,584.0	157.4	0.10
	3	6.25	1,548.2(94.1)	84.4( 5.2)	11.5(0.7)	1,644.1	182.6	0.11
	4	6.55	2,780.9(95.8)	115.0( 3.9)	8.0(0.3)	2,903.9	331.0	0.11
	5	7.03	—( —)	—( —)	9.6( —)	—	179.3	—
10月3日	1	6.33	2,120.0(89.7)	197.0( 8.3)	47.2(2.0)	2,364.2	540.0	0.25
	2	6.08	1,793.3(90.6)	168.2( 8.5)	16.5(0.9)	1,978.0	303.2	0.16
	3	6.30	2,107.0(91.7)	174.7( 7.6)	15.7(0.7)	2,297.4	412.9	0.19
	4	6.48	2,606.1(92.8)	191.6( 6.8)	11.2(0.4)	2,808.9	709.9	0.27
	5	6.16	1,634.8(82.7)	330.3(16.7)	10.2(0.6)	1,975.3	515.0	0.31
11月13日	1	6.80	1,688.4(89.6)	177.7( 9.5)	17.7(0.9)	1,883.8	330.2	0.19
	2	6.58	1,819.9(92.0)	134.5( 6.8)	23.1(1.2)	1,977.5	302.6	0.16
	3	5.63	1,151.1(89.1)	103.9( 8.0)	36.5(2.9)	1,291.5	202.6	0.17
	4	6.66	1,581.5(91.5)	126.8( 7.3)	20.0(1.2)	1,728.3	516.3	0.32
	5	6.39	1,012.5(79.7)	245.8(19.4)	10.9(0.9)	1,269.2	254.3	0.25

1), 2) は第6表と同じである。



第10表 宿主および非宿主作物を5年間連作した後  
に栽培したハクサイの根圏土壌中における  
軟腐病菌の増殖

連作物物	調査日	
	7月10日	10月31日
ハ ク サ イ	$13.5 \times 10^4$	$12.4 \times 10^4$
イタリアンライグラス	$4.2 \times 10^4$	$189.3 \times 10^4$
レッドクローバー	$8.3 \times 10^4$	$47.2 \times 10^4$
対 照 区(裸地)	$16.2 \times 10^4$	$9.6 \times 10^4$

供試品種は7月10日は松島交配新6号, 10月31日は平塚1号でいずれも3個体の平均値で表示した。

第11表 連作期間中に分離した軟腐病菌のファージ型

分離年度	分離に用いたハクサイ個体数	分離した軟腐病菌の菌株数	分離菌株のファージ型					
			I (A)	II (B)	III (C)	IV (D)	V (E)	VI (F)
連作1年(1981)夏播	38	89				3	18	68
2年(1982)夏播	87	201	18			5	53	125
3年(1983)春播	140	283	1		15		7	260
4年(1984)春播	120	248	10			2	4	232
4年(1984)夏播	59	91					22	69
5年(1985)春播	114	296			9	1	32	254
5年(1985)夏播	75	180	4		11			165
6年(1986)春播	89	456			1	3	39	413
6年(1986)夏播	86	218	2		2	7	6	201
計 (%)	808	2,062 (100)	35 (1.7)		38 (1.9)	21 (1.0)	181 (8.8)	1,787 (86.6)

しく発生した。同様の事実は、サトウキビを20年間連作した<sup>5)</sup>や原野開墾地<sup>4)</sup>でもおこり、ハクサイやダイコンが激しく軟腐病にかかることが報告されている。これらの事実は、軟腐病菌が作物の栽培とは無関係に広く土壌に分布、生存している土壌生息型の病原菌<sup>15)</sup>であることを指摘するものであろう。

今回、宿主作物や非宿主作物を5年間連作したり、裸地に保持した後にハクサイを栽培した場合にも軟腐病が発生することが示された。その病勢は発病の初期にハクサイを連作したところで、やや急速に進行する傾向がみられた。しかしながら、その後はいずれも同じ程度の発病指数で進行し、とくにハクサイ区でたかく、イタリアンライグラス区やレッドクローバー区で低いような傾向はなかった。このような発病個体から軟腐病菌が容易に分離された。本菌はファージに対する感受性の差異によって、いくつかの系統すなわち、ファージ型に分類され

る<sup>13,14)</sup>。今回発病個体から分離した軟腐病菌のファージ型を調査したところ、連作年限の長さにとまって優占的に出現するファージ型が異なるような事実はみられなかった。

土壌中の軟腐病菌の動態については、先づ連作5年後の1986年11月13日に各作物を連作した後に栽培したハクサイの株間土壌から $10^4 \sim 10^6$ のレベルで検出された。しかし、この他の時期には用いた検出方法では全く検出されなかった。このことは、土壌中に軟腐病菌が生存してもそれは検出できないような低い密度であることを示しており、連作にともなう土壌中の軟腐病菌の動態を把握することはできなかった。ところが宿主および非宿主作物に関係なく、各作物の連作区に加え、5年間裸地状態に保持した対照区でもハクサイを栽培した場合、軟腐病菌はその根圏土壌で特異的に増殖して(感染源の成立)、軟腐病をひきおこすことが示された。ダイコン萎黄病菌

の土壌中における密度は、飽和密度以下では連作によって増加するが、土壌環境に応じた飽和密度付近で平衡に達する<sup>9)</sup>。

森林土壌を開墾した土壌では、T-C、T-NおよびN/C比が微生物フローラの変動に大きく影響する<sup>10)</sup>。また、堆肥は微生物の栄養源の給源とともに、土壌に植物残渣の量をふやす役割をもち、結果的に微生物の活性をたかめるものと推察されている<sup>10)</sup>。今回の実験でハクサイを連作した場合、総菌数(全細菌数+放線菌数+糸状菌数)が多くなる傾向がみられた。これはハクサイ自身の影響に加えて、連作回数にともなう耕起や肥料の施用等<sup>10)</sup>が関係していると考えられる。しかし、裸地の対照区や牧草地で総菌数が多くなることもあり、土壌中の微生物数に対する連作の影響を明確にすることはできなかった。この他、全細菌数、放線菌数および糸状菌数の相対的割合、全細菌数に対する色素耐性菌数の割合等を調べたが、宿主および非宿主作物の連作との間に一定の関係を見出すことは困難であった。

宮城県園芸試験場では、結球ハクサイ連作障害回避のための輪作体系の確立に関する実験を行ない、ハクサイを5年間連作しても収量はやや低下するものの、軟腐病の発病がとくに激しくなるようなことはなかったと報告している<sup>6)</sup>。今回の実験やこれらの結果等から、ハクサイや非宿主作物のイタリアンライグラス、レッドクローバーを5～6年間連作しても、とくに土壌中の軟腐病菌が増加したり、軟腐病の発病指数がたかくなることはないものと考えられる。しかし、ハクサイの5～6年の連作で軟腐病罹病株が増加することも報告されている<sup>18)</sup>。

ハクサイ軟腐病の発生は、播種期等によっても大きく左右されるから<sup>19)</sup>、連作と軟腐病との関係は栽培方法や土壌条件等も加味して今後さらに検討する必要がある。いずれにしても、今のところハクサイ軟腐病は、非宿主作物との輪作や一定期間休閑する方法だけでは効果的に防除することは困難といえよう。

## V 摘 要

ハクサイの連作と軟腐病の発生との関係を知るために、宿主および非宿主作物を5年間(1981年～1985年)連作した後ハクサイを栽培し、軟腐病の発生、土壌中の軟腐病菌数および微生物フローラの変動等を調べた。このため、未だ野菜類を栽培したことのない山形大学農学部附属農場の牧草地に1981年から5年間、ハクサイ、イタリアンライグラス、レッドクローバーを栽培した。軟

腐病菌は、作付初年度でもハクサイ根圏土壌で特異的に増殖し、 $10^4 \sim 10^6$ のレベル(乾土1gあたり)に達した。軟腐病も作付初年度から発生した。その後発病指数は、連作年限の増加にともなって、必ずしも高くなるとはかぎらないことが示された。これらの作物を5年間連作した後(1986年)、全区にハクサイを栽培したところ、軟腐病菌は、裸地を含む全区でその根圏土壌で増殖し、軟腐病が発生した。発病指数は、発病の初期にハクサイ連作区で高い傾向がみられた。しかし、やがて全区ではほぼ同じ指数で推移した。一方非根圏の株間土壌からは1986年11月13日を除き、いずれの区でも軟腐病菌は検出されなかった。このため、連作にともなう軟腐病菌の動態を把握することはできなかった。土壌中の総菌数(全細菌数+放線菌数+糸状菌数)、全細菌数に対する色素耐性菌数の割合等を調べたが、連作との間に一定の関係を見出すことは困難であった。以上のことから、ハクサイ軟腐病の発生は、宿主作物の連作、非宿主作物との輪作および畑を一定期間休閑することなどに余り影響されないものと考えられる。したがって非宿主作物との輪作や畑を休閑するなどの方法のみで本病を防除することは困難であると考えられる。

## 謝 辞

本実験を行なうにあたり、種々貴重な御助言をいただいた山形大学農学部後藤岩三郎教授、本論文をまとめるにあたり貴重な御意見をいただいた生井恒雄助教授、実験およびデータのとりまとめに御協力下さいました斎藤澄子技官、ハクサイの栽培にあたり、何かと便宜をはかって下さいました山形大学農学部附属農場の教職員の各位にそれぞれ厚くお礼申し上げます。

## 引 用 文 献

- 1) 遠藤 茂(1962). 蔬菜の病害防除. 文雅堂書店, 東京. pp. 270-271.
- 2) 石山信一・向 秀夫(1944). 植物病原細菌誌. 明文堂, 東京. pp. 77-83.
- 3) 上住 泰・阿部善三郎他(1981). 改訂野菜の病害虫—診断と防除のポイント— 農文協, 東京. pp. 128-130.
- 4) 小林研三(1986). 原野開墾畑におけるダイコン軟腐病の発生推移. 九病虫研会報. 32: 49-52.
- 5) Mew, T. W., W. C., Ho, and L. Chu (1976). Infectivity and survival of soft rot bacteria. *Phyto-*

- pathology 66 : 1325-1327.
- 6) 宮城県園芸試験場(1982). 畑地利用高度化のための地帯別作付体系の確立—結球ハクサイ連作障害回避のための輪作体系の確立—. 昭和56年度総合助成共同研究. 28-32.
  - 7) 本橋精一・野村健一(1972). 原色野菜の病虫害診断. 農文協, 東京. pp.66-67.
  - 8) 小川 奎・駒田 且(1982). 病原菌密度と施肥条件の異なる連作下でのダイコン萎黄病の発生変動. 土と微生物. 24 : 39-48.
  - 9) 清水 茂・金沢幸三・小林高博(1958). はくさいの白腐病抵抗性育種に関する研究. 第1報 自然発病による抵抗性の品種間差異. 農技研報告 E6 : 71-108.
  - 10) 篠田辰彦・大田 庸・飯田 格(1966). 開墾地土壤における微生物フローラの推移. 東北農試研究報告. 33 : 425-570.
  - 11) 滝元清透(1951). 白菜軟腐病の防除法. 農業及園芸 26 : 99-101.
  - 12) 富樫二郎・坂本正幸(1965). 白菜軟腐病の発生機構に関する研究 (1). 春蒔白菜軟腐病発生 の 圃 場 観 察. 東北大農研報. 17 : 25-34.
  - 13) 富樫二郎(1976). ファージによる土壤中の軟腐病菌の検出法. 山形大学紀要(農学). 7 : 347-366.
  - 14) 富樫二郎(1979). 植物組織内における軟腐病菌 *Erwinia carotovora* 系統間の競合. 日植病報. 45 : 591-595.
  - 15) 津山博之(1962). 白菜軟腐病に関する研究. 東北大農研報. 13 : 221-345.
  - 16) 宇井格生(1983). 北海道畑作物の土壤病害. 北海道畑作物の土壤病害刊行会, 札幌. pp.1-13.
  - 17) Walker, J. C. (1963). Plant Pathology. McGraw Hall Book Co. Inc. New York. pp.622-625.
  - 18) 渡辺文吉郎(1987). 土壤病害 発生・生態と防除. 全国農村教育協会, 東京. pp.150
  - 19) 吉田未彦(1920). 白菜の腐敗病の予防法に就て. 病虫雑. 7 : 139-143.